

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе
«Определение микротвердости»
по курсам «Технология конструкционных материалов»,
«Физические свойства твердого тела»

для студентов физико-технического и
механико-технологического факультетов

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 2 от 24.12.14

Харьков
НТУ «ХПИ»

2015

Методические указания к лабораторной работе «Определение микротвердости» по курсам «Технология конструкционных материалов», «Физические свойства твердого тела» для студентов физико-технического и механико-технологического факультетов / Сост. В.В. Стариков. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2015. – 21 с.

Составители: В.В. Стариков

Рецензент В.В. Кондратенко

Кафедра физики металлов и полупроводников

Вступление

Под твердостью понимают свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, не получающего остаточных деформаций тела. Измерение твердости является простым и распространенным видом механических испытаний. Определение твердости производят путем воздействия на поверхность измеряемого материала другим телом, изготовленным в виде специального наконечника в форме шарика, конуса, пирамиды и т.д. Наконечник для определения твердости может вдавливаться в металл (способ вдавливания), царапать поверхность (способ царапания) или ударять по поверхности и отскакивать от нее.

Наибольшее применение получил способ измерения поверхности отпечатка, полученного вдавливанием. В этом случае твердость представляет собой сопротивление пластической деформации.

В последние годы появились новые методики микромеханических испытаний материалов методом локального нагружения (МЛН) жестким индентором. Эти методики дают возможность строить кривые деформации $\sigma - \varepsilon$, определять характеристики прочности и пластичности материалов, модуль Юнга и деформационное упрочнение. МЛН является универсальным методом изучения механических свойств. Только МЛН позволяет определить этот комплекс механических свойств для хрупких материалов (включая керамику), тонких покрытий, фазовых составляющих в композиционных материалах и неоднородных структур с изменяющимися по сечению свойствами. Это обусловлено, с одной стороны, созданием принципиально новых приборов, а с другой, развитием теории идентификации материалов. Развитие методики определения механических свойств МЛН имеет особый интерес для хрупких материалов. Дело не только в том, что применение МЛН позволяет обходиться без сложного процесса приготовления из керамики образцов для механических испытаний. Более важным является появление принципиально новых возможностей для определения механических свойств

хрупких материалов. Так, только МЛН позволяет определить предел текучести этих материалов или сравнить между собой пластичность двух керамических материалов, которые разрушаются хрупко при механических испытаниях на растяжение, сжатие и изгиб.

Только с применением МЛН можно изучить механические свойства тонких покрытий и отдельных фазовых составляющих композиционных материалов, а также проанализировать механические свойства различных зон сварных соединений и других структур с изменяющимися по сечению свойствами.

Метод твердости и микротвердости в течение многих лет широко используется для оценки механических свойств материалов как в научно-исследовательских лабораториях, так и в промышленности.

Измерение микротвердости позволяет определить твердость отдельных зерен, фаз и структурных составляющих сплавов. Микротвердость – это твердость материала, испытанная в микроскопическом объеме. В этом случае объем, деформируемый вдавливанием, должен быть меньше объема (площади) измеряемого зерна, фазы. Поэтому прилагаемая нагрузка выбирается небольшой.

Метод микротвердости служит для решения целого ряда металловедческих задач: для определения пределов растворимости в твердом состоянии; исследования диффузии в металлических сплавах; изучения ликвации и др.

Значительное внимание при измерении микротвердости уделяется состоянию поверхности испытуемого металла. Поверхность испытуемого металла должна быть плоской и полированной, так как при невыполнении этого условия отдельные части поверхности будут в различной степени оказывать влияние на вдавливание, что приведет к значительному разбросу численных значений твердости. Отсюда следует, что чем меньше нагрузка, применяемая

при измерении, тем более тщательно должна быть подготовлена поверхность образца.

Для измерения микротвердости металлов, сплавов, минералов и других материалов методом вдавливания в испытуемый материал алмазных наконечников Виккерса, Кнуппа и Берковича предназначены микротвердомеры ПМТ-3, ПМТ-3М и ПМТ-3М1.

Алмазный наконечник Виккерса представляет собой пирамиду, в основании которой квадрат с углами между противоположными гранями $\alpha = 136^\circ$.

Наконечник Кнуппа дает ромбический отпечаток, а наконечник Берковича – отпечаток равностороннего треугольника.

Цель работы

1. Ознакомиться с методами измерения микротвердости материалов.
2. Изучить методику определения микротвердости на приборе ПМТ-3М.
3. Ознакомиться с методикой центровки образца.
4. Определить микротвердость образца.
5. Определить относительную погрешность измерения в процентах.

Устройство и принцип работы микротвердомера ПМТ-3М

Принцип действия микротвердомера основан на вдавливании алмазного наконечника (пирамиды) в исследуемый материал под определенной нагрузкой и измерении линейной величины диагонали или стороны полученного отпечатка. Число микротвердости определяется делением нормальной нагрузки, приложенной к алмазному наконечнику, на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка:

$$HM = F/S \quad (1)$$

Оптическая схема микроскопа показана на рисунке 1. Микроскоп микротвердомера позволяет наблюдать объекты в светлом и темном полях.

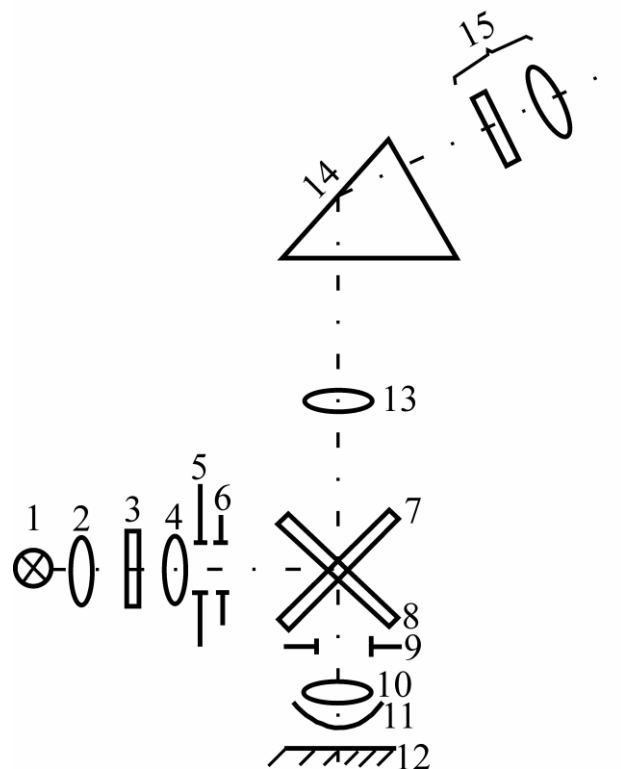


Рисунок 1 – Оптическая схема микроскопа микротвердометра:

1 – источник света; 2 – конденсор; 3 – светофильтр; 4 – коллекторная линза; 5, 9 – кольцевая диафрагма; 6 – присовая диафрагма; 7 – отражательная пластина; 8 – отражательное зеркало; 10 – объектив; 11 – параболическое зеркало; 12 – образец; 13 – ахроматическая линза; 14 – призма; 15 - окуляр

При исследовании объектов в светлом поле луч от источника света 1 через конденсор 2, светофильтр 3, коллекторную линзу 4 и присовую диафрагму 6 попадает на отражательную пластину 7.

Далее луч проходит в объектив 10, попадает на исследуемый предмет 12 и, пройдя отражательную пластину 7, попадает на ахроматическую линзу 13 и призму 14, образует изображение предмета в фокальной плоскости окулярного микрометра.

Освещенность предмета при наблюдении в светлом поле регулируется изменением диаметра диафрагмы 6. Призма 14 отклоняет луч на 45° , что создает удобства при работе на приборе.

Переход к работе в темном поле осуществляется поворотом держателя отражательной пластины и зеркала при помощи рукоятки 13 (рис. 2).

При работе в темном поле луч проходит светофильтр 3 (см. рис.1), кольцевую диафрагму 5 и попадает на отражательное зеркало 8. Далее, пройдя кольцевую диафрагму 9, луч отражается от параболического зеркала 11, попадает на исследуемый предмет 12, отражается от него и проходит тот же путь, что и при наблюдении в светлом поле.

Микротвердомер ПМТ-3М

На рис. 2 показан общий вид микротвердомера. Составными частями микротвердомера являются штатив с предметным столиком, тубусодержатель с тубусом и механизмом нагружения.

Штатив состоит из основания 21 и колонки 3, имеющей снаружи ленточную резьбу для перемещения в вертикальном положении тубусодержателя ТД с тубусом при помощи гайки 4.

Тубусодержатель закрепляется на колонке при помощи резной втулки винтом 7, который при работе должен быть зажат.

В тубусодержателе размещены механизмы глубокого и микрометрического движения тубуса микротвердомера.

Вращая барашек 6 грубого движения и барашек 5 микрометрического движения, можно перемещать тубус вверх и вниз.

Ход механизма грубого движения можно регулировать.

Если один барашек грубого движения немного развернуть относительно другого, ход тубуса будет тяжелее или легче в зависимости от того, в какую сторону развернуты барашки.

Кроме этого, механизм грубого движения можно застопорить при помощи рукоятки на корпусе 10.

На барашке 5 имеется шкала, одно деление которой соответствует 0,002 мм перемещения тубуса.

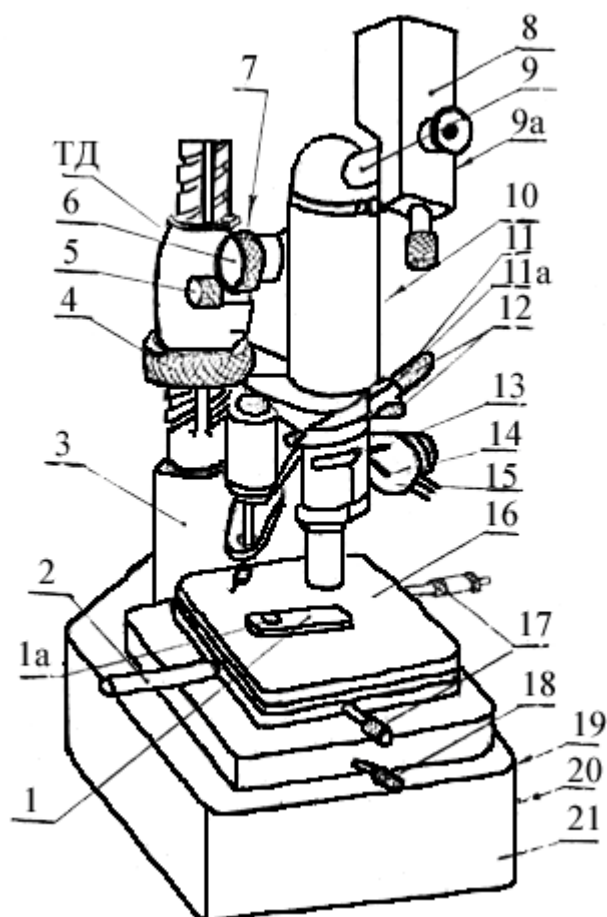


Рисунок 2 – Общий вид микротвердомера ПМТ-3:

1 – пластина; 2 – рукоятка; 3 – колонна; 4 – гайка; 5 – регулятор точного перемещения; 6 – регулятор грубого перемещения; 7 – крепежный винт;
 8 – микрометр; 9, 9а – окуляр с насадкой; 10 – корпус микроскопа;
 11, 11а – осветитель с лампой; 12 – регулировочные винты; 13 – поляризатор;
 14 – диафрагма; 15 – светофильтр; 16 – предметный столик; 17 – ручки перемещения столика; 18 – регулятор столика; 19 – тумблер включения; 20 – регулировка яркости;
 21 – основание

Предметный столик 16 закреплен на основании штатива тремя винтами. Верхняя часть столика, на которую устанавливается предмет, может перемещаться в двух взаимно-перпендикулярных направлениях с помощью винтов 17. Отпустив стопорный винт 18, можно рукояткой 2 поворачивать столик от упора до упора.

На пластине 1 с помощью пластилина и прессика можно установить предмет любой конфигурации. Для исследования поверхностей цилиндрических предметов в комплект микротвердомера входит специальная металлическая призма.

Осветитель 11 (см. рис. 2) закреплен на тубусе микроскопа и служит для освещения исследуемого объекта. При повороте рукоятки 13 от упора до упора осветитель позволяет рассматривать предмет как в светлом, так и в темном поле. Равномерное освещение достигается перемещением и разворотом патрона с лампой 11а, а также диафрагмированием (рукоятка диафрагмы 14). Включение и выключение осветителя осуществляется рукояткой “сеть” 19, а регулировка силы яркости – рукояткой 20.

При установке патрона с лампой необходимо соблюдать осторожность, так как сдвиг осветителя вызовет разъюстировку микротвердомера. Светофильтры 15 осветителя предназначены для повышения контрастности исследуемого предмета.

Окулярный микрометр 8 (см. рис. 2) устанавливается на тубусе наклонной монокулярной посадки 9 и закрепляется винтом 9а.

Окулярный микрометр при установке должен быть развернут так, чтобы его горизонтальные подвижные полосы были перпендикулярны отрезку, который необходимо измерить.

Механизм нагружения

Механизм нагружения показан на рисунке 3, он состоит из штока 5, закрепленного на двух пружинах, расположенных внутри корпуса механизма. На штоке закреплен узел – воздушный демпфер 4.

В держатель 7 вставляется алмазный наконечник 9, а на утолщенную часть штока устанавливается гиря 6 из комплекта гирь. Для получения отпечатка шток опускают плавным вращением рукоятки 3 арретира против часовой стрелки.

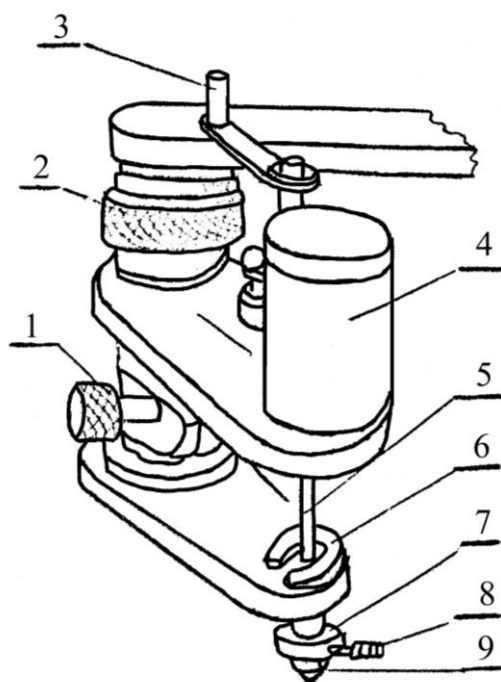


Рисунок 3 – Механизм нагружения микротвердомера:

- 1 – фиксирующий винт; 2 – регулировочный винт; 3 – рукоятка арретира;
 4 – воздушный демпфер; 5 – шток; 6 – гиря; 7 – держатель; 8 – фиксатор;
 9 – алмазный наконечник

Измерение размера диагоналей

Диагональ отпечатка измеряется с помощью окулярного микрометра. Для этого необходимо одну из подвижных линий установить на вершину измеряемой диагонали рис. 4 и по нониусу снять показание, а затем эту же подвижную линию установить на другой конец диагонали и по нониусу снять показания. Разница между показаниями есть величина диагонали в мкм (микронах). При измерении микротвердости по Виккерсу измеряют две диагонали и для вычисления микротвердости принимают среднее арифметическое значение диагонали d_{cp} :

$$d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2}. \quad (2)$$

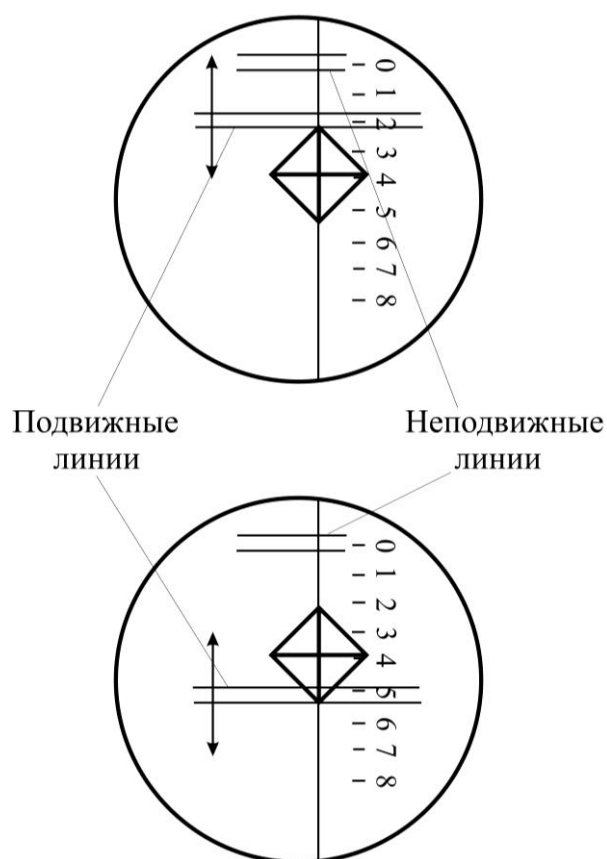


Рисунок 4 – Вид отпечатка от алмазной пирамидки в окулярном микрометре

Если отпечаток искривлен и не соответствует квадрату, необходимо сделать новый отпечаток. Но иногда этого нельзя достичь. Это происходит из-за анизотропии материала. Поэтому для надежных измерений необходимо повторить измерения не меньше трех раз.

Порядок выполнения работы

Настройка и юстировка микротвердомера

Отрегулировать положение механизма нагружения с алмазным наконечником по высоте по правильности показаний прибора при измерении микротвердости образца из каменной (поваренной) соли NaCl.

Отпечаток, полученный от вдавливания в испытуемый объект алмазного наконечника под нагрузкой, должен располагаться в центре поля зрения

микроскопа. Если этого нет, то центрировку отпечатка производят следующим образом. Испытуемый объект с помощью прессика устанавливают на предметной пластине 1 (см. рис. 2), при этом исследуемая поверхность объекта будет параллельна рабочей плоскости столика. Пластины с объектом закрепляют на предметном столике под микроскопом и вращением барашков 6 и 5 соответственно грубого и микрометрического перемещений фокусируют микроскоп с объективом $F = 6,3$; $A = 0,60$ на испытуемую поверхность. Перекрестие фотометрического окулярного микрометра с помощью винта микрометрического перемещения приводят в центр поля зрения окуляра.

Далее помещают на утолщенную часть штока с алмазным наконечником гирю 6 (см. рис. 3), убеждаются в том, что рукоятка 3 арретира находится на упоре при вращении по часовой стрелке, а, следовательно, и алмазный наконечник находится в верхнем положении. Отпустив стопорный винт (см. рис. 2), рукояткой 2 поворачивают столик против часовой стрелки до упора, подводя тем самым выбранное для испытания место под алмазный наконечник, и фиксируют его в этом положении винтом 18.

Плавным вращением рукоятки (см. рис. 3) арретира против часовой стрелки опускают нагруженный алмазный наконечник для нанесения отпечатка на испытуемой поверхности, после чего вращением рукоятки арретира по часовой стрелке возвращают алмазный наконечник в исходное верхнее положение. Отпустив винт 18 (см. рис. 2), поворотом столика до упора подводят место объекта под микроскоп.

Если центровка микротвердомера не нарушена, то центр отпечатка должен совпадать с центром перекрестия окулярного микрометра.

В случае несовпадения отпечатка с центром перекрестия микротвердомера надо дополнительно отцентрировать. Для этого центрировочными винтами 12 (рис. 2) подводят центр отпечатка к центру перекрестия окуляра.

Перемещая столик винтами 17, выбирают новое место на объекте и вновь получают отпечаток.

Операции накола и дополнительной центровки повторяют до тех пор, пока не будет достигнуто совпадение центра отпечатка с центром перекрестия окуляра. Если отпечаток поместился вне поля зрения микроскопа, необходимо заменить объектив $F = 63$; $A = 0,60$ объективом $F = 25$; $A = 0,17$, произвести предварительную центровку и только после этого отцентрировать прибор с объективом $F = 63$; $A = 0,60$.

Центрировку отпечатка производят каждый раз после установки на столик нового испытуемого объекта или нового наконечника.

Установка механизма нагружения по высоте производится вращением регулировочной гайки 2 (см. рис. 3).

Для вращения этой гайки необходимо предварительно освободить фиксирующий винт 1, который следует вновь затянуть до окончания регулировки положения механизма нагружения по высоте.

Правильность настройки механизма нагружения по высоте проверяется при ненагруженном механизме нагружения. Правильным считается положение, при котором алмазный наконечник только касается образца при опущенном инденторе. При этом не должно оставаться видимого отпечатка.

Контроль правильности юстировки производят путем определения значений микротвердости кристалла NaCl.

Работа с микротвердомером

Закрепить при помощи прессика испытуемый образец пластилином на пластинке 1а (см. рис. 2) так, чтобы его исследуемая поверхность расположилась параллельно рабочей плоскости столика, на которой устанавливается пластинка с испытуемым предметом.

Поверхность испытуемого инструмента должна быть плоской, чистой, с шероховатостью не более 0,32 мкм по параметру R_a .

При подготовке поверхности испытуемого образца необходимо принять меры, исключающие возможность изменения твердости испытуемой поверхности вследствие нагрева или наклепа в результате механической обработки.

На рабочей поверхности алмазного наконечника и поверхности испытуемого образца не должно быть смазки.

Поместить на утолщенную часть штока груз.

Выбрать место на предмете для нанесения отпечатка. Расстояние от центра отпечатка до края предмета должно быть не менее двойного размера отпечатка. Расстояние между центрами соседних отпечатков должно превышать размер отпечатка более чем в 3 раза, минимальная толщина предмета или слоя – превышать глубину отпечатка не менее чем в 10 раз. При исследовании отдельных структурных составляющих металлических сплавов действуют те же правила. Границей предмета служит граница исследуемого зерна. Положение наконечника Виккерса в держателе показано на рис. 3. Алмазный наконечник 9 вставить в держатель 7 хвостиком в отверстие до упора в торец так, чтобы риски, нанесенные на оправе алмазного наконечника Виккерса и держателя, совпали, и закрепить винтом 8.

Плавно повернуть предметный столик против часовой стрелки до упора, не допуская толчков при подведении к упору. Закрепить столик в этом положении винтом 18 (см. рис. 2).

Медленным поворотом рукоятки 3 (см. рис. 3) против часовой стрелки опустить шток так, чтобы алмаз коснулся поверхности исследуемого объекта. Рукоятку поворачивать приблизительно на 180° в течение 10–15 с. После выдержки в течение 10 с под нагрузкой повернуть рукоятку в исходное положение.

Отжать винт 18 (см. рис. 2) и повернуть предметный столик в прежнее положение до упора. Чтобы избежать удара об упор и смещения предмета с установленного положения, столик нужно поворачивать очень осторожно.

Измерить контрольный параметр отпечатка с помощью окулярного микрометра. Значение микротвердости (в единицах твердости), кг/мм²:

- по методу Виккерса:

$$H = \frac{1,234 \cdot P}{d^2}; \quad (3)$$

- по методу Кнуппа:

$$H = \frac{14,230 \cdot P}{l^2}; \quad (4)$$

- по методу Берковича:

$$H = \frac{2,092 \cdot P}{a^2}. \quad (5)$$

В этих формулах P – нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, кгс; d – среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка (рис. 5а), мм; l – значение длины большой диагонали отпечатка (рис. 5б), мм; a – среднее арифметическое значение длин сторон отпечатка (рис. 5в).

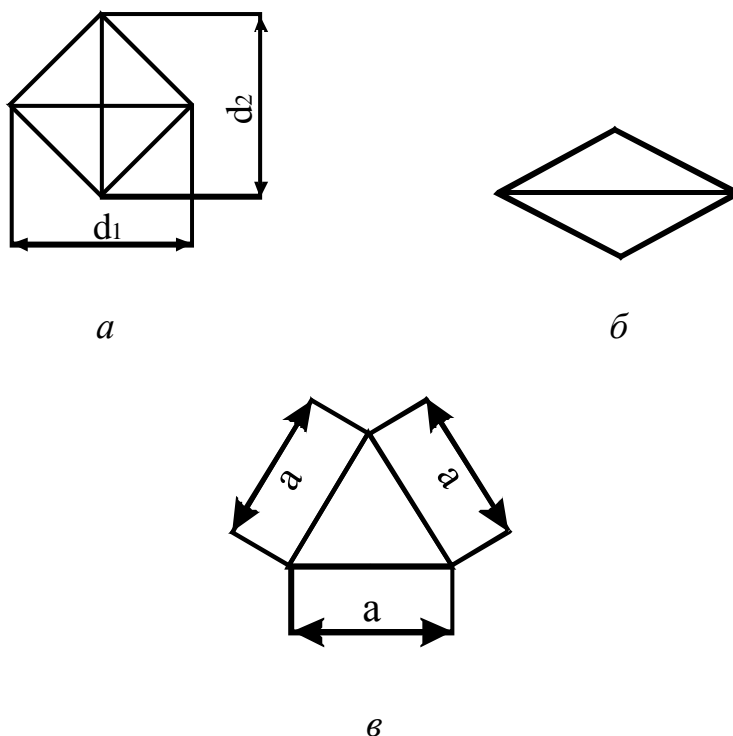


Рисунок 5 - Вид отпечатка:

a – метод Виккерса; $б$ – метод Кнупа; $в$ – метод Берковича

Размерность твердости в единицах СИ: $HV = \text{Н/м}^2 = \text{Па}$.

Контроль правильности показаний микротвердомера

Контроль правильности показаний микротвердомера производят путем определения значений микротвердости кристаллов поваренной соли NaCl.

На свежий скол кристалла наносят по 10 отпечатков при нагрузках 0,098 и 0,196 Н (10 и 20 гс).

При нанесении отпечатков нагружение должно осуществляться плавно, без толчков. Скорость опускания алмазного наконечника не должна сказываться на размерах отпечатка.

Продолжительность выдержки должна составлять 10–15 с. Разность значений длин диагоналей отпечатка от вдавливания алмазной пирамиды Виккерса – не более 3 %. Разность двух отрезков, полученных от деления большей диагонали отпечатка в точке пересечения с малой диагональю, отнесенной к малому отрезку при вдавливании наконечника Кнуппа, – не более 15 %. Разность наибольшей и наименьшей сторон отпечатка от вдавливания наконечника Берковича – не более 3 %.

Для определения среднего арифметического значения и среднего квадратического отклонения результатов 10 измерений следует нанести 10 отпечатков, например, пирамидой Виккерса. Желательно, чтобы все отпечатки расположились в пределах поля зрения окулярного микрометра. Измерения производят с объективом $F = 6,3 \text{ мм}$, $A = 0,60$.

Затем измеряют с помощью окулярного микрометра сначала все вертикальные, а затем – все горизонтальные диагонали. Рекомендуется каждую диагональ измерять не менее двух раз.

Аналогично производят 10 отпечатков наконечниками Кнуппа и Берковича, а затем измеряют диагонали ромбических отпечатков или стороны треугольных отпечатков.

Вычисленные средние арифметические значения 10 отсчетов, полученных в каждой серии наблюдений микротвердости кристалла поваренной соли (NaCl) при указанных выше нагрузках, при вероятности 0,95 должны быть в пределах:

для пирамиды Виккерса	– 19–21 ед.тв.;
для пирамиды Кнуппа	– 20–24 ед.тв.;
для пирамиды Берковича	– 19–24 ед.тв.,

Погрешности в определении микротвердости

При определении микротвердости могут возникать погрешности, связанные:

- 1) с состоянием алмазной пирамиды;
- 2) неточностью в величине приложенной нагрузки;
- 3) нестрогой перпендикулярностью плоскости шлифа к оси наконечника;
- 4) дефектами освещения;
- 5) ошибками измерения диагонали отпечатка.

1. Погрешности от состояния алмазной пирамиды

Дефекты алмазной пирамиды – скол вершины, негладкость граней, выкрашивание ребер и т. д. – приводят к получению неправильных результатов испытания.

2. Погрешность от фактической нагрузки

Фактическая нагрузка, с которой алмазная пирамида вдавлируется в испытуемый металл, может быть несколько больше или меньше номинальной. Это, естественно, обуславливает погрешности при определении числа твердости.

Уменьшение фактической нагрузки по сравнению с номинально принятой может быть связано с потерями на трение в механизме нагружения. Опыты показали, что эта погрешность не превышает 0,1 г.

Следовательно, при нагрузке на алмазную пирамиду 2 г погрешность по этой причине должна составить величину, равную 5 % (в сторону повышения числа твердости).

Увеличение фактической нагрузки на алмазную пирамиду может вызываться слишком быстрым опусканием нагружающего механизма.

Чтобы избежать погрешности по этой причине, необходимо нагружающий механизм опускать медленно, приблизительно в течение 15 с.

Кроме того, погрешности в нагрузке на пирамиду могут возникнуть из-за плохого уравнивания собственного веса штока с площадкой для грузов и оправки с пирамидой. Поэтому точное уравнивание частей нагружающего механизма обязательно.

3. Погрешности от положения наконечника и шлифа

Если плоскость шлифа не перпендикулярна оси перемещения индентора, то отпечаток получается в виде неправильного квадрата (искажение формы отпечатка в некоторых случаях определяется анизотропной или местной неоднородностью испытуемого металла). Во избежание этой погрешности необходимо тщательно устанавливать шлиф на установочную пластину и аккуратно впрессовывать в пластилин ручным прессиком.

4. Погрешности от состояния осветителя

Разные условия освещения приводят к ошибкам из-за того, что по краям отпечатка у многих металлов и материалов при испытании образуется выступ (валик) и видимые размеры контура изменяются с изменением направления освещения. Так, если при освещении фон светлый, а отпечаток темный, то размеры его будут большими. Когда фон темный, а отпечаток светлый (косое освещение), размеры отпечатка меньше. Поэтому при измерениях отпечатков следует применять один и тот же способ освещения.

5. Погрешности при измерении диагонали отпечатка

Ошибки при измерении диагонали отпечатка в основном вызываются неточностью совмещения линии микрометра с началом и концом диагонали отпечатка.

6. Погрешности от положения глазной линзы

Точность определения возрастает, если длину диагонали измеряют при одном и том же положении глазной линзы. Это правило необходимо строго соблюдать при определении микротвердости.

Рекомендации по уменьшению погрешностей

По данным М.М. Хрущева и Е.С. Берковича, суммарная погрешность при измерениях на приборе ПМТ-3 при увеличении около 400 достигает $\pm 0,17$ мкм (средняя квадратичная погрешность). Относительно большая погрешность, очевидно, наблюдается при отпечатках малого размера и меньшая – при отпечатках большего размера. При обычных испытаниях на микротвердость рекомендуется, чтобы длина диагонали составляла не меньше 5 мкм.

Для уменьшения погрешностей, вызванных указанными выше причинами, рекомендуется измерить длину диагонали одного и того же отпечатка несколько раз и вычислить среднеарифметическое значение (для отпечатков с длиной диагонали больше 10 мкм – три измерения; для отпечатков меньше 10 мкм – шесть измерений).

Для увеличения точности работы при измерениях микротвердости пользуются эталонными образцами с заранее известной твердостью. Для этой цели рекомендуется применять бруски из монокристаллов каменной соли, обладающие, как показали измерения, хорошей однородностью. Микротвердость каменной соли не зависит от состояния поверхности (влажность, выветривание и т.д.).

Можно применять в качестве эталона (при достаточно высокой химической чистоте) олово. При изготовлении микрошлифа обычным путем

отсутствует упрочнение, так как при комнатной температуре происходит рекристаллизация. Этот металл рекомендуется как эталон для низких значений микротвердости, его твердость около 40 кг/мм^2 .

Наилучшим эталонным материалом является соединение CuAl_2 . Его легко получить, а кроме того, оно не очень хрупкое, не упрочняется при изготовлении шлифа, имеет постоянную твердость, не изменяющуюся при изменении нагрузки. Микротвердость – около 500 кг/мм^2 .

При подборе эталонов микротвердости необходимо руководствоваться следующим:

- 1) твердость эталона должна быть примерно такой же, как и твердость испытываемых материалов;
- 2) твердость не должна зависеть от продолжительности испытания, применяемой нагрузки и места на поверхности эталона.

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость (макротвердость) и микротвердость?
2. В чем состоит суть измерений: твердости, микротвердости и методом локального нагружения (МЛН) жестким индентором.
3. Какие задачи можно решать различными методами измерения микротвердости?
4. Зависит ли величина микротвердости от нагрузки?

Литература

1. Панченко Е.В. и др. Лаборатория металлографии / Е.В. Панченко, Ю.А. Скаков, Б.И. Криммер и др. – М.: Металлургия, 1965. – 439 с.
2. Масленников Ф.И. Лабораторный практикум по металловедению / Ф.И. Масленников. – М.: Машгиз, 1961. – 268 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи

«Визначення мікротвердості»

по курсам «Технологія конструкційних матеріалів»,

«Фізичні властивості твердого тіла»

для студентів фізико-технічного та механіко-технологічного факультетів

Російською мовою

Укладачі: СТАРІКОВ Вадим Володимирович

Відповідальний за випуск проф. Малихін С.В.

Роботу до видання рекомендував К.Т. Лемешівська

Редактор _____
Коректор _____

План 2015 р., поз. 124

Підп. до друку 06.03.15. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,0.
Обл.-вид. арк. _____. Наклад 50 прим. Зам. № _____. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Надруковано ТОВ фірма «СІМ»
61052, Харків, вул. Карла Маркса, 26
тел.: (057) 762-91-53; e-mail: tira_graf@pisem.net